



**University of  
Zurich**<sup>UZH</sup>

**Zurich Open Repository and  
Archive**

University of Zurich  
University Library  
Strickhofstrasse 39  
CH-8057 Zurich  
[www.zora.uzh.ch](http://www.zora.uzh.ch)

---

Year: 2009

---

## **Antiglaukomatöse Laserchirurgie. Was war? Was ist? Was wird?**

Funk, J

Posted at the Zurich Open Repository and Archive, University of Zurich  
ZORA URL: <https://doi.org/10.5167/uzh-19707>  
Journal Article

Originally published at:

Funk, J (2009). Antiglaukomatöse Laserchirurgie. Was war? Was ist? Was wird? Ophthalmo-Chirurgie, 21(1):25-32.

# Antiglaukomatöse Laserchirurgie

## Was war? Was ist? Was wird?

Jens Funk

Univ.-Augenklinik Zürich

**L**aser gibt es seit zirka 50 Jahren. Die Abkürzung steht für Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation. Seit zirka 35 Jahren wird versucht, sie auch zur antiglaukomatösen Behandlung einzusetzen. Laser können sehr unterschiedliche physikalische Eigenschaften, zum Beispiel unterschiedliche Wellenlängen, haben. Deshalb können sie auch sehr unterschiedliche Wechselwirkungen mit biologischem Gewebe aufweisen. Die in der Glaukomtherapie genutzten Wechselwirkungen sind:

Photokoagulation = thermische Zerstörung von Gewebe; der Laser wirkt dort, wo (pigmentiertes) Gewebe den Laserstrahl absorbiert.

Photodisruption = Ionisierung von Molekülen und dadurch hervorgerufene Zerreißung von Gewebe; der Laser wirkt dort, wo sein Strahl fokussiert wird.

Photoablation = nicht thermische Abtragung von Gewebe, wahrscheinlich durch Molekülspaltung; der Laser wirkt dort, wo er auf abladierbares Gewebe trifft.

Da es sehr unterschiedliche Wechselwirkungen zwischen Lasern und Gewebe gibt, existieren auch zahlreiche unterschiedliche antiglaukomatöse Laserverfahren. Aktuell sind es mindestens sieben, würde man die sekundären Laserbehandlungen mitzählen, dann käme man sogar auf mindestens zehn: Zum Beispiel die Laser-Suturolyse nach Trabekulektomie, die Goniopunktur nach tiefer Sklerektomie oder im weitesten Sinne auch die panretinale Laserkoagulation beim Neovaskularisationsglaukom.

### **Antiglaukomatöse Laserchirurgie: Was war?**

In den frühen Anfängen der antiglaukomatösen Laserchirurgie wurden offensichtlich hauptsächlich thermische Laser verwendet [5, 12]. Mit diesen wurde versucht, das

Trabekelwerk zu eröffnen und so eine Verbindung von der Vorderkammer in den Schlemmschen Kanal zu schaffen. Hager zum Beispiel nannte dieses Verfahren Trabekulopunktur. Letztlich führte dies jedoch nicht zu dem gewünschten Erfolg. Der Grund hierfür dürfte sein, dass die thermisch wirkenden Laser zu einer starken Gewebereaktion führen. Somit ist zu erwarten, dass, wenn es überhaupt zu einer wirklichen Eröffnung des Trabekelwerks käme, diese schnell durch Narbengewebe wieder verschlossen wird. Immerhin haben diese ersten Versuche aber, quasi als Relikt, die Argon-Laser-Trabekuloplastik [14] hinterlassen, deren Wirkmechanismus zwar vollkommen anders ist, die aber trotzdem eine Drucksenkung bewirkt und deshalb auch heute auch noch ihren Stellenwert hat.

Die Eröffnung des Trabekelwerks wurde später auch noch mit einem photodisruptiven Nd:YAG-Laser versucht. Auch dies war letztlich nicht erfolgreich, weil entweder gar keine Eröffnung zustande kam, oder aber schnell eine Vernarbung einsetzte.

Ein weiteres Laserverfahren, das am Anfang große Euphorie auslöste, mittlerweile aber keine nennenswerte Rolle mehr zu spielen scheint, ist die sogenannte Lasersklerostomie. Dabei wurde mit einem photoablativen Laser eine Verbindung zwischen der Vorderkammer und dem Subkonjunktivalraum geschaffen, ähnlich wie bei den offenen Elliot-Trepanationen. Wahrscheinlich hat sich die Lasersklerostomie letztlich deshalb nicht durchsetzen können, weil bei kleinen Öffnungen rasch wieder eine Vernarbung einsetzte, bei großen Öffnungen häufig Hypotonien auftraten.

Aktuell gehört auch die Erbium-YAG-Laser-Goniotomie nicht mehr zum Spektrum der antiglaukomatösen Lasereingriffe. Zwar sind die damit berichteten Erfolge überwiegend positiv [2]. Es gibt jedoch auf dem Markt kein zertifiziertes Gerät, das diese Behandlung erlaubt. Deshalb wurde die Erbium-YAG-Laser-Goniotomie von der Excimer-Laser-Trabekulotomie (siehe unten) abgelöst.

## Antiglaukomatöse Laserchirurgie: Was ist?

### Nd:YAG-Laser-Iridotomie: Zur peripheren Irisperforation

Die ersten Laser-Iridotomien wurden noch mit thermischen Lasern durchgeführt. Wegen der damit verbundenen Gefahren für die Linse und auch für die Makula ist man heute auf den photodisruptiven Nd:YAG-Laser übergegangen. Bei der Nd:YAG-Iridotomie wird – meistens mit Hilfe eines Kontaktglases – die periphere Iris perforiert (Abbildung 1).

#### **Indikation: Akuter Glaukomanfall, Pupillarblockprophylaxe**

Hauptindikation zur Nd:YAG-Laser-Iridotomie ist der akute Glaukomanfall beim Pupillarblock, beziehungsweise die Prophylaxe vor einem solchen akuten Glaukomanfall. Der Eingriff setzt voraus, dass die Hornhaut genügend klar ist, um eine Transmission der Laserenergie bis hin zur Iris zu erlauben. Unter Glaukomexperten umstritten ist die Frage, wann man eine Iridektomie chirurgisch und wann man sie mittels Laser machen sollte. Argumente für den Laser sind die einfachere Logistik und die Vermeidung eines Risikos von intraokularen Entzündungen, da man den Bulbus nicht eröffnen muss. Vorteile der chirurgischen Iridektomie dagegen sind, dass man das Trabekelwerk nicht durch zusätzlichen Gewebeabfall belastet und dass man intraoperativ eventuell schon vorhandene anteriore Synechien lösen kann. Eine Studie [3], die prospektiv chirurgische und Nd:YAG-Laser-Iridotomie miteinander vergleicht,

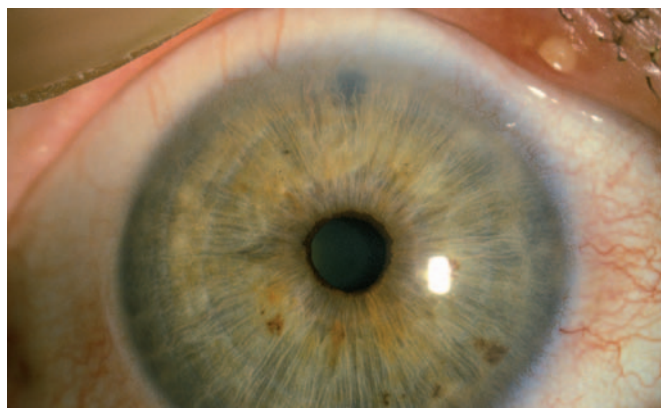


Abbildung 1: Nd:YAG-Iridotomie. Sie sollte möglichst peripher angelegt werden. Typische Indikationen sind der Pupillarblock und eventuell das Pigmentdispersions-Syndrom.

kommt zu dem Ergebnis, dass zumindest nach drei Jahren kein signifikanter Unterschied feststellbar ist.

#### **Indikation: Pigmentdispersions-Syndrom**

Eine weitere, allerdings nicht völlig unumstrittene Indikation zur Nd:YAG-Laser-Iridotomie ist das Pigmentdispersions-Syndrom. Dabei wird für das Pigmentdispersions-Syndrom von folgendem Pathomechanismus ausgegangen: Durch einen inversen Pupillarblock, das heißt durch höheren Druck im Bereich vor der Iris als hinter der Iris, kommt es zu einem Durchbiegen der peripheren Iris nach hinten. Dies führt zu einem Iris-Zonula-Kontakt, welcher seinerseits wiederum die Pigmentausschwemmung bewirkt. Ein Druckausgleich durch Iridotomie führt zur Straffung des peripheren Irisgewebes, so dass der Kontakt zwischen Iris und Zonulafasern ausbleibt. Das reduziert den Pigmentabrieb und verbessert somit die Prognose des betroffenen Patienten. Ultraschallbiomikroskopische Untersuchungen (Abbildung 2) konnten belegen, dass die gewünschte anatomische Veränderung tatsächlich eintritt. Leider gibt es allerdings bisher nur eine Studie [4], die zeigt, dass die betroffenen Patienten langfristig tatsächlich davon profitieren, weil das Risiko eines Augeninnendruckanstiegs gemindert wird.

#### **Komplikationen: Selten**

Die Nd:YAG-Laser-Iridotomie wird im Allgemeinen als risikoarm eingestuft. Dennoch gibt es einige erwähnenswerte Nebenwirkungen. Das sind hauptsächlich die Blutung in die Vorderkammer und ein passagerer Druckanstieg innerhalb der ersten 24 Stunden. Es kann zudem – selten – zur Entwicklung einer Katarakt oder zu einem zystoiden Makulaödem kommen.

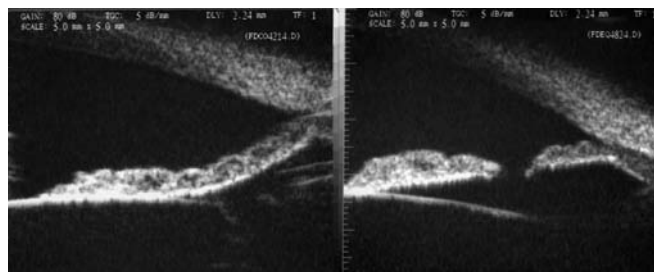


Abbildung 2: Ultraschallbiomikroskopische Aufnahme eines Auges mit Pigmentdispersions-Syndrom vor (links) und nach (rechts) YAG-Laser-Iridotomie. Man erkennt deutlich die postoperative Straffung der Iris, der Kontakt zwischen Irisrückfläche und Zonulafasern ist aufgehoben.

**Periphere Iridoplastik:  
Streckt Iris peripher****Indikation: Plateau-Iris-Syndrom**

Zur peripheren Iridoplastik benutzt man einen thermischen Laser. Typischerweise verwendet man einen relativ breiten Laserspot (500  $\mu\text{m}$ ), eine relativ lange Bestrahlungsdauer (0,5 Sekunden) aber eine vergleichsweise niedrige Energie (200 bis 400 mW). Damit lässt sich eine Schrumpfung der peripheren Iris erreichen. Das ist dann sinnvoll, wenn die Iris so konfiguriert ist, dass eine Apposition zur Hornhautoberfläche befürchtet werden muss. Die klassische Indikation zur peripheren Iridoplastik ist also das Plateau-Iris-Syndrom. Es gibt jedoch auch Autoren, die beschreiben, dass die periphere Iridoplastik sinnvoll ist zum Durchbrechen eines akuten Pupillarblock-Glaukomanfalls. In diesem Fall muss der Iridoplastik dann später eine Iridotomie folgen [10].

**Komplikationen: Selten**

Eine mögliche Komplikation der peripheren Iridoplastik ist die postoperative Iritis. Diese spricht gut auf Steroide an und dauert normalerweise nur wenige Tage. Nennenswerte weitere Komplikationen sind nicht berichtet.

**Argon-Laser-Trabekuloplastik:  
Drucksenkender Effekt driftet ab****Technik: 100 Lasereffekte, 50  $\mu\text{m}$  groß ,  
0,1 Sekunde Bestrahlungsdauer, 200 bis 1000 mW**

Von allen heute noch durchgeführten antiglaukomatösen Lasereingriffen ist die Argon-Laser-Trabekuloplastik (ALT) wahrscheinlich die älteste [14]. Bei der ALT wird mit einem thermischen Laser das Trabekelwerk bestrahlt. Wohl aus historischen Gründen hat sich dabei die Bezeichnung Argon-Laser-Trabekuloplastik gehalten, obwohl die verwendeten Laser meistens keine Argon-Laser mehr sind. Vielmehr handelt es sich in der Regel um frequenzverdoppelte thermische Nd:YAG-Laser oder aber auch um Dioden-Laser. Die typische Einstellung bei der Argon-Laser-Trabekuloplastik ist: 50  $\mu\text{m}$  spot Größe, 0,1 Sekunde Bestrahlungsdauer und 200 bis 1000 mW Leistung. Manche Autoren halten es für sinnvoll, zunächst 50 Effekte in der unteren Hälfte des Trabekelwerks zu setzen, um diese später durch weitere 50 in der oberen Hälfte ergänzen zu können. Andere Autoren bevorzugen es, gleich bei der ersten Sitzung 100 Effekte – verteilt auf die gesamte Zirkumferenz – zu applizieren.

**Drucksenkende Wirkung: Zwischen 20% und 30%**

Die drucksenkende Wirkung einer Argon-Laser-Trabekuloplastik wird im Allgemeinen als „moderat“ eingestuft. Sie dürfte in der Regel zwischen 20% und 30% liegen, wobei die Ergebnisse bei höherem präoperativem Druck etwas besser sind [11]. Die drucksenkende Wirkung lässt außerdem mit der Zeit nach, im Allgemeinen ist sie nach fünf Jahren kaum noch vorhanden. Diese Einschränkungen führten, nach anfänglicher Euphorie, zu einer zunehmend kritischeren Bewertung der ALT, die darin mündete, dass die Zahl der durchgeführten Behandlungen deutlich abnahm [9]. Wurden in den USA 1995 noch 151.000 ALT's vorgenommen, so waren es 2001 nur noch 75.000. Trotzdem hat die ALT nach wie vor ihren klinischen Stellenwert.

**Indikation: Wenn nur geringe  
IOD-Reduktion erforderlich**

Die Argon-Laser-Trabekuloplastik ist vor allem dann indiziert, wenn nur noch eine geringe zusätzliche Drucksenkung notwendig ist, um den gewünschten Zieldruck zu erreichen. Sie ist außerdem indiziert bei Patienten, die eventuell mit einer medikamentösen, drucksenkenden Therapie auskämen, bei denen diese jedoch wegen mangelnder Compliance nicht ausreichend gesichert ist.

**Komplikationen: Selten**

Die Argon-Laser-Trabekuloplastik ist risikoarm. Als mögliche Komplikationen sind ein Druckanstieg sowie periphere vordere Synechien beschrieben. Letztlich nicht geklärt und somit umstritten ist immer noch, ob eine vorangegangene ALT die Prognose einer späteren Trabekulektomie verschlechtert.

**Selektive Laser-Trabekuloplastik:  
Wirkmechanismus noch unklar****Technik: Zirka 100 Lasereffekte, 400  $\mu\text{m}$  groß ,  
3 ns Bestrahlungsdauer, 0,3 bis 1,6 mJ Energie**

Die selektive Laser-Trabekuloplastik (SLT) ist äußerlich der ALT sehr ähnlich. Auch bei der SLT wird das Trabekelwerk mit einem thermischen Laser bestrahlt. Allerdings sind die Einstellungsparameter des Lasers vollkommen anders, typischerweise Spotgröße 400  $\mu\text{m}$ , 0,3 bis 1,6 mJ Energie, Bestrahlungsdauer 3 ns (also extrem kurz). Ähnlich wie bei der ALT bestehen unterschiedliche Meinungen darüber, ob man zunächst nur die halbe oder bereits in der ersten Sitzung die gesamte Zirkumferenz des Trabekelwerks bestrahlen sollte. Auch die Wirkung, die die Bestrahlung im Trabekelwerk hinterlässt, ist bei der SLT

vollkommen anders als bei der ALT. Elektronenmikroskopische Aufnahmen konnten zeigen [6], dass nach einer ALT deutlich sichtbare Krater im Trabekelwerk entstehen. Nach einer SLT sieht man dagegen überhaupt keinen koagulativen Schaden. Wieso die SLT dann überhaupt wirkt, wenn sie schon keine sichtbaren Spuren hinterlässt, ist noch nicht ganz geklärt. Diskutiert wird eine biologisch-physikalische Anregung von Trabekelwerkszellen. Der drucksenkende Effekt ist jedoch eindeutig vorhanden und entspricht in etwa dem der Argon-Laser-Trabekuloplastik [1].

Die Tatsache, dass die SLT keine thermischen „Kollateralschäden“ im Trabekelwerk hinterlässt, lässt die Hoffnung aufkommen, dass sie – unter Umständen mehrfach – wiederholbar ist. Der Wunschtraum wäre also: Statt täglich eine bestimmte Anzahl von Medikamenten tropfen zu müssen, macht man einmal jährlich oder einmal pro zwei Jahre eine selektive Laser-Trabekuloplastik. Ob dieser Wunschtraum wirklich Realität wird, ist aber noch völlig offen. Es gibt erste Studien, die bestätigen, dass eine Wiederholung der SLT oder die Durchführung einer SLT nach vorangegangener ALT erneut drucksenkend wirksam ist, andere Studien finden jedoch keinen oder einen deutlich nachlassenden Effekt.

Interessant ist außerdem, dass zumindest zeitgleich mit der Einführung der SLT wieder eine deutliche Zunahme aller Laser-Trabekuloplastiken, also ALT und SLT zusammen, in den USA zu beobachten war [9]. War die Zahl aller Laser-Trabekuloplastiken von ursprünglich 151.000 im Jahr 1995 auf 75.000 im Jahr 2001 gefallen (siehe oben), so stieg sie anschließend bis zum Jahr 2004 wieder auf 157.000.

#### **Indikation: Wenn nur geringe**

#### **IOD-Reduktion erforderlich**

Die SLT ist vor allem dann indiziert, wenn nur noch eine geringe zusätzliche Drucksenkung notwendig ist, um den gewünschten Zieldruck zu erreichen. Sie ist außerdem indiziert bei Patienten, die eventuell mit einer medikamentösen, drucksenkenden Therapie auskämen, bei denen diese jedoch wegen mangelnder Compliance nicht ausreichend gesichert ist.

#### **Komplikationen: Selten**

Abgesehen von einem möglichen, geringen und eher seltenen Druckanstieg nach zwei Stunden sind bei einer SLT keine nennenswerten Risiken zu erwarten. Deshalb halte

ich es inzwischen auch für gerechtfertigt, die Indikation zur SLT relativ großzügig zu stellen.

Vieles spricht also dafür, dass die SLT wegen der geringeren Kollateralschäden und damit auch wegen der geringeren Nebenwirkungen einer ALT grundsätzlich überlegen ist. Ein erhebliches logistisches Problem besteht allerdings (noch) darin, dass man für die Durchführung einer SLT praktisch einen neuen Laser anschaffen muss. Herkömmliche Laser, die neben einer ALT auch eine retinale Photokoagulation erlauben, sind für die SLT ungeeignet, da sie nicht die notwendigen Einstellungsparameter haben. Derzeit gibt es nur zwei Firmen, die einen SLT-Laser anbieten. Einer davon ist ein „Monolaser“, der keine anderen Funktionen außer SLT hat. Der andere ist immerhin ein kombinierter Laser, der neben SLT auch Nd:YAG-Kapsulotomien oder Iridotomien erlaubt.

#### **Excimer-Laser-Trabekulotomie:**

#### **Schafft direkte Verbindung zwischen Vorderkammer und Schlemmschem Kanal**

#### **Technik: Photoablativer Excimer-Laser (Wellenlänge 308 nm)**

Die Excimer-Laser-Trabekulotomie (ELT) ist ein relativ neuer Therapieansatz. Benutzt wird dabei ein photoablativer Excimer-Laser (Wellenlänge 308 nm). Mit dem photoablativen Laser kann das Trabekelwerk perforiert werden, sodass eine direkte Verbindung zwischen Vorderkammer und Schlemmschem Kanal entsteht. Da der photoablative Laser keine thermischen Schäden hinterlässt, ist es gerechtfertigt, den (siehe oben) eigentlich sehr alten Gedanken einer Trabekelwerksperforation erneut aufzugreifen.

Die Trabekelwerksablation bei der ELT setzt voraus, dass der Laser direkten Kontakt zum ablatierten Gewebe, in diesem Fall also zum Trabekelwerk, hat. Es muss eine Sonde in das Auge eingeführt werden. Dies kann unter gonioskopischer, nach eigener Erfahrung aber besser unter endoskopischer Kontrolle geschehen. Somit bietet sich die ELT vor allem dann an, wenn ohnehin ein intraokularer Eingriff – zum Beispiel eine Phakoemulsifikation – indiziert ist (Abbildung 3, 4). Obwohl die ELT ein bulbuseröffnender Eingriff ist, ist sie risikoarm und „minimal-invasiv“. Führt man sie im Anschluss an eine Kataraktoperation durch, so dauert sie in der Regel nur ein bis zwei Minuten. Eine nennenswerte Lernkurve ist nicht vorhanden, jeder, der eine Katarakt operieren kann, kann ohne weiteres auch eine ELT anschließen.



**Phakoemulsifikation und ELT:****Drucksenkende Wirkung zwischen 30% und 35%**

Die mit dem kombinierten Eingriff Phakoemulsifikation und ELT erreichbaren Drucksenkungen liegen zwischen 30 und 35% [8, 13]. Das ist deutlich mehr, als man mit einer Phakoemulsifikation allein erreichen kann. Gleichzeitig ist dabei aber der kombinierte Eingriff kaum größer als die reine Phakoemulsifikation. Hinzu kommt, dass die erforderliche Nachbehandlung sehr viel weniger aufwendig ist als zum Beispiel bei der Kombination Phakoemulsifikation plus Trabekulektomie oder bei der reinen Trabekulektomie. Darüber hinaus ist noch zu betonen, dass es bei insuffizienter Drucksenkung (die es, wie bei jeder anderen Glaukomoperation, natürlich auch bei der ELT geben kann) kein Problem ist, sekundär eine Trabekulektomie anzuschließen. Bei der ELT wird ja die Bindehaut nicht berührt, so dass später kein erhöhtes Vernarbungsrisiko für ein Filterkissen besteht.

**Indikation: Katarakt und Glaukom, vice versa**

Meiner persönlichen Einschätzung nach kann man die Indikation zur ELT kombiniert mit einer Phakoemulsifikation wegen der deutlichen drucksenkenden Wirkung und der geringen Nebenwirkungen relativ großzügig stellen. Für mich ist sie die Methode der Wahl, wenn bei einem Patienten eine Kataraktoperation indiziert ist und der präopera-

tive Druck, auch ohne Medikamente, über 22 mmHg liegt. Außerdem führe ich sie inzwischen zunehmend häufiger bei Patienten durch, bei denen primär eine drucksenkende Operation im Vordergrund steht, gleichzeitig aber schon eine wenigstens leichte Katarakt vorliegt. Würde man bei diesen Patienten nur eine Trabekulektomie vornehmen, so muss man mit hoher Wahrscheinlichkeit davon ausgehen, dass innerhalb von Monaten bis allenfalls wenigen Jahren die Kataraktoperation erforderlich wird. Dies kann man vermeiden, indem man primär kombiniert Phakoemulsifikation plus ELT durchführt. Selbst wenn dann die Drucksenkung nicht ganz ausreicht, so kann man (siehe oben) immer noch die Trabekulektomie anschließen. Das heißt: Selbst im ungünstigsten Fall muss der Patient nur zwei Eingriffe durchführen lassen. Dies müsste er bei primärer Trabekulektomie in jedem Fall auch.

**Transsklerale Zyklophotokoagulation:  
Zerstört Ziliarepithelien ab externo, mindert  
vermutlich Kammerwasserproduktion**

Bei der transskleralen Zyklophotokoagulation benutzt man einen thermischen Laser, meist einen Diodenlaser mit einer Wellenlänge von 810 nm. Ein einheitliches Protokoll für die Applikationsparameter gibt es nicht, selbst für ein und denselben Laser existieren unterschiedliche „Schulen“.

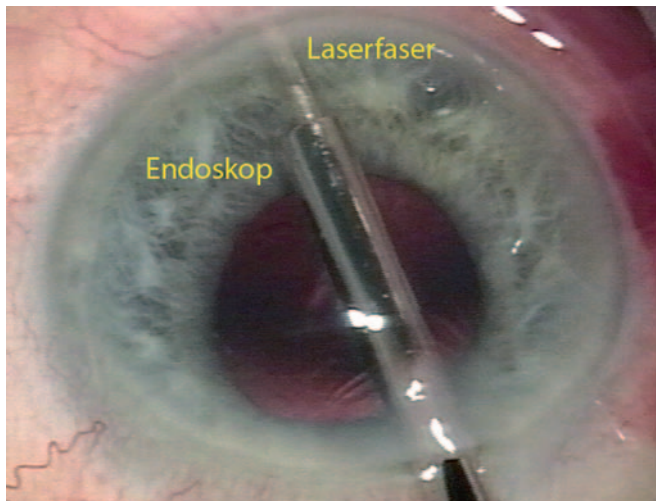


Abbildung 3: Intraoperativer Befund zu Beginn einer Excimer-Laser-Trabekulotomie (nach bereits vollzogener Phakoemulsifikation mit IOL-Implantation). Blick durch das Operationsmikroskop. Die Laserfaser ragt zirka 3 - 4 Millimeter über das Endoskop hinaus. Dies ermöglicht eine gute Übersicht über die zu behandelnden Anteile des Trabekelwerks.

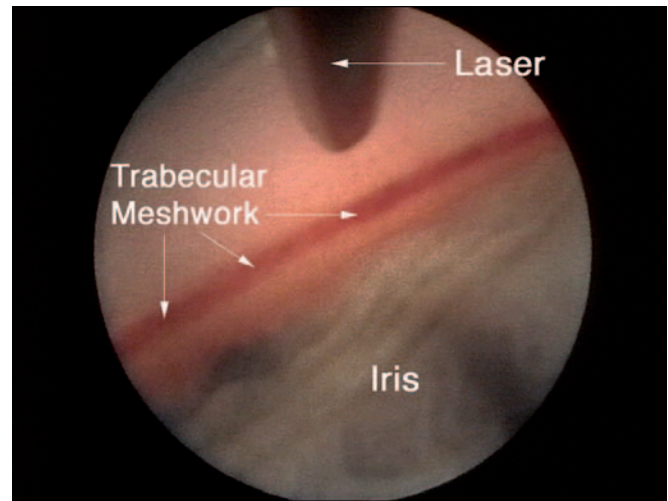


Abbildung 4: Excimer-Laser-Trabekulotomie, endoskopischer Einblick. Das Trabekelwerk ist, speziell wenn die Excimer-Laser-Trabekulotomie an eine Kataraktoperation angeschlossen wird, in Folge einer retrograden Blutfüllung des Schlemmschen Kanals sehr gut zu identifizieren.

Entscheidend ist immer, dass die Laserparameter – vor allem die Wellenlänge – so gewählt werden, dass der Laser die Sklera und die Bindehaut gut durchdringen kann, dann aber vom Ziliarkörper auch gut absorbiert wird. Meist wird dabei die Lasersonde direkt auf das Auge aufgesetzt und die Bindehaut einige Sekunden komprimiert, um die Permeabilität zu verbessern.

Im Prinzip wirkt die transsklerale Zyklphotokoagulation dadurch, dass sie Ziliarepithelien zerstört und damit die Kammerwasserproduktion mindert. Ob das wirklich immer der einzige Mechanismus ist, mag angezweifelt werden. Schließlich sieht man bei Nachuntersuchungen nicht selten, dass die Lasereffekte die Pars plana getroffen haben. Trotzdem wirkt der Eingriff drucksenkend. Möglicherweise spielt dabei auch eine Abflussverbesserung im Bereich der Pars plana eine Rolle.

#### **Drucksenkende Wirkung:**

##### **Etwas stärker als durch Laser-Trabekuloplastiken**

Die drucksenkende Wirkung der transskleralen Zyklphotokoagulation ist im Durchschnitt etwas stärker als die der Laser-Trabekuloplastiken. Sie ist allerdings interindividuell sehr unterschiedlich. Häufig, das heißt in mindestens 40% der Fälle, ist wenigstens eine einmalige Wiederholung des Eingriffs erforderlich, um den gewünschten Zieldruck zu erreichen [7].

#### **Indikation: Nicht nur für „worst cases“**

Als die transsklerale Zyklphotokoagulation ursprünglich eingeführt wurde, galt sie, wie zuvor die Zyklorkryoagulation, als Eingriff für die „worst cases“. Das heißt für diejenigen Augen, die trotz mehrerer vorangegangener antiglaukomatöser Eingriffe immer noch nicht die angestrebte Drucksenkung erreicht hatten. Diese Einstufung hat auch heute – zumindest für die meisten amerikanischen Autoren – noch Gültigkeit. Es sind jedoch Trends zu erkennen, die transsklerale Zyklphotokoagulation zunehmend häufiger als primären antiglaukomatösen Eingriff einzusetzen [7]. Immerhin hat die transklare Zyklphotokoagulation, verglichen mit dem Goldstandard Trabekulektomie, doch einige Vorteile: Sie ist nicht bulbuseröffnend, dadurch insgesamt weniger risikoreich. Sie dauert im Regelfall nur zwei bis drei Minuten. Ihre Erfolgsaussichten sind allenfalls gering davon abhängig, wie die Bindehaut präoperativ beschaffen ist, das heißt vor allem, ob sie mehr oder weniger stark hyperämisch aussieht. Schließlich ist auch ihre postoperative Nachbetreuung weit weniger aufwändig als die der Trabekulektomie. Das heißt, eine transsklerale Zyklphotokoagulation kann auch bei solchen Patienten sinnvoll sein, bei denen aufgrund mangelnder Compliance (insuffi-

ziente postoperative Tropftherapie, Unterlassen der notwendigen Nachkontrollen etc.) a priori zu erwarten ist, dass eine Trabekulektomie rasch vernarben wird. Darüber hinaus ist meiner Meinung nach die transsklerale Zyklphotokoagulation ein möglicher „Kompromiss“ bei solchen Patienten, bei denen eine Laser-Trabekuloplastik oder eine medikamentöse Behandlung nicht ausreichen, die andererseits aber extrem große Angst vor einem bulbuseröffnenden Eingriff haben. Unabhängig davon bleibt die transsklerale Zyklphotokoagulation auch weiterhin eine Alternative bei denjenigen Augen, bei denen vorangegangene Operationen nicht erfolgreich waren. Auch bei aphaken Kindern wird sie vergleichsweise häufig vorgenommen [7].

#### **Komplikationen: Selten, aber teils gravierend**

Auch wenn die transsklerale Zyklphotokoagulation kein bulbuseröffnender Eingriff ist, so kann es durchaus ernste Komplikationen geben. Beschrieben sind unter anderem eine Hypotonie bis hin zur Phthisis, oder ein Funktionsverlust bis hin zur vollständigen Erblindung. Allerdings sind solche ernstesten Komplikationen insgesamt sehr selten. Häufiger findet man einen vorübergehenden Reizzustand oder auch eine über mehrere Wochen persistierende Pupillenverziehung.

#### **Endoskopische Zyklphotokoagulation: Zerstört Ziliarkörperepithelien ab interno, mindert Kammerwasserproduktion**

Bei der endoskopischen Zyklphotokoagulation (ECP) benutzt man ähnlich wie bei der transskleralen Variante einen thermischen Laser. Es gibt verschiedene Anbieter solcher Lasersysteme inklusive Endoskope. Zur endoskopischen Zyklphotokoagulation ist eine Bulbuseröffnung notwendig. Man führt eine Sonde dicht an die Ziliarkörperzotten heran und koaguliert diese. Im Prinzip gibt es dabei zwei Zugangsmöglichkeiten: zum einen den Pars plana-Zugang, bei dem man sich hinter der Linse an die Ziliarzotten herانبewegt, zum anderen den Vorderkammerzugang, bei dem man die Sonde zwischen Iris und Linse hindurch an die Ziliarzotten heranführt (Abbildung 5). Meiner Erfahrung nach ist der Vorderkammerzugang deutlich günstiger, weil man hierbei die Ziliarzotten sehr viel besser darstellen und überblicken kann (Abbildung 6). Dieser Zugang ist allerdings nur sinnvoll, wenn das Auge aphak oder pseudophak ist oder wenn ohnehin eine Kataraktoperation erforderlich wird.

Im Allgemeinen wird empfohlen, bei der endoskopischen Zyklphotokoagulation Energie und Bestrahlungsdauer so zu wählen, dass man eine Weißfärbung und geringe Schrumpfung der Ziliarzotten sieht (Abbildung 6). Koagu-

liert werden sollen zirka 180 bis 270 Grad der Zirkumferenz. Im Gegensatz zur transskleralen Zyklphotokoagulation besteht bei der endoskopischen Zyklphotokoagulation kein Zweifel daran, dass der Eingriff zyklodestruktiv ist, und damit die Kammerwasserproduktion hemmt.

**Indikation: „worst cases“**

Die endoskopische Zyklphotokoagulation ist aufgrund ihrer Invasivität und aufgrund der genannten Komplikationsmöglichkeiten eigentlich kein Eingriff, den man beim Glaukom primär durchführen sollte. Er ist erst dann indiziert, wenn bereits mehrere Eingriffe inklusive zwei bis drei transsklerale Zyklphotokoagulationen vorausgegangen sind und nicht ausreichend erfolgreich waren.

**Komplikationen: Deutlich größer als bei der transskleralen Variante**

Die Gefahr von Komplikationen ist bei der endoskopischen Zyklphotokoagulation noch deutlich größer als bei der transskleralen Variante. Auch bei der ECP kann es zur Hypotonie inklusive Phthisis oder zu einem deutlichen Sehverlust kommen. Darüber hinaus ist eine Netzhautablösung als mögliche Komplikation beschrieben. Nicht selten hat man Glaskörperkontakt, selbst wenn man über die Vorderkammer in das Auge eingeht. In diesem Fall muss der Eingriff unter Umständen um eine vordere Vitrektomie erweitert werden.

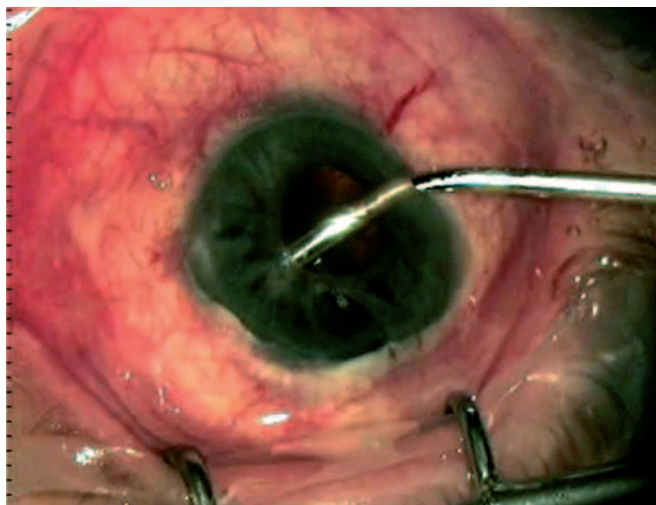



Abbildung 5: Endoskopische Zyklphotokoagulation, Beginn der Behandlung. Blick durch das Operationsmikroskop. Das Endoskop-Lasersystem wurde über eine korneale Parazentese in die Vorderkammer eingeführt und zwischen Iris und IOL hindurch an die Ziliarzotten herangebracht.

**Antiglaukomatöse Laserchirurgie:  
Was wird?**

Zukunftsprognosen sind speziell auf dem Gebiet der Lasertechnik reine Spekulation. Vorauszusehen ist lediglich, dass die unter „Was ist?“ genannten Laserverfahren zumindest vorerst weiter ihren Bestand haben werden. Keine von ihnen ist eine universell anwendbare Glaukomoperation, jede hat aber ihre eigene, spezielle Indikation.

Wünschenswert wäre für die Zukunft, dass man die unter „ELT“ beschriebene Photoablation des Trabekelwerks ermöglicht, ohne dass man den Bulbus eröffnen und eine Faser intraokular einführen muss. Theoretisch wäre es denkbar, dass dies mit einem Femtosekundenlaser gelingen kann.

Wünschenswert wäre außerdem, dass man das unter „SLT“ beschriebene Konzept einer „biologisch-physikalischen“ Anregung von Zellen weiterentwickeln könnte. Im Prinzip wäre es ja ideal, wenn man ohne mechanische Spuren oder Schäden die Abflussfazität erhöhen könnte. Ein konkreter Ansatzpunkt hierfür ist mir allerdings nicht bekannt.

Wenn man bedenkt, welche technische Entwicklung die Laser seit ihrer Einführung vor knapp 50 Jahren gemacht haben, so ist zu vermuten, dass sie auch in der antiglaukomatösen Chirurgie weiter Raum gewinnen werden. Zumindest kurzfristig scheint mir aber nicht absehbar zu sein, dass sie die Trabekulektomie als Goldstandard ersetzen. 

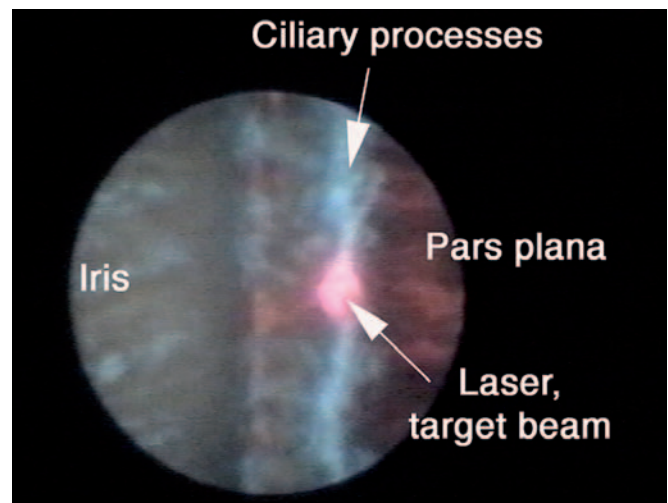


Abbildung 6: Endoskopische Zyklphotokoagulation, Blick durch das Endoskop. Energie und Bestrahlungsdauer sollten so gewählt werden, dass man eine Weißfärbung und Schrumpfung der Ziliarzotten sieht. Behandelt werden zirka 180 bis 270 Grad der Zirkumferenz.



## Literatur

1. *Barkana Y, Belkin M (2007)* Selective laser trabeculoplasty. *Surv Ophthalmol* 52: 634-654
2. *Beuerle S, Philippin H, Funk J (2006)* Kombinierte Katarakt- und Glaukomchirurgie. *Ophthalmologie* 103: 605-608.
3. *Fleck BW, Wright E, Fairley EA (1997)* A randomised prospective comparison of operative peripheral iridectomy and Nd:YAG laser iridotomy treatment of acute angle closure glaucoma: 3 year visual acuity and intraocular pressure control outcome. *Br J Ophthalmol* 81: 884-888
4. *Gandolfi SA, Vecchi M (1996)* Effect of a YAG laser iridotomy on intraocular pressure in pigment dispersion syndrome. *Ophthalmology*. 103: 1693-1695
5. *Hager H (1975)* Zur Lasermikrochirurgie bei Glaukom. Lasertrabekulopunktur (LTP), Tangentiale Irisbasiskoagulation (TIK), Pupillenerweiterung und Verlagerung. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 167: 18-27
6. *Kramer TR, Noecker RJ (2001)* Comparison of the morphologic changes after selective laser trabeculoplasty and argon laser trabeculoplasty in human eye bank eyes. *Ophthalmology*. 108: 773-779
7. *Lin SC (2008)* Endoscopic and transscleral cyclophotocoagulation for the treatment of refractory glaucoma. *J Glaucoma*. 17: 238-247
8. *Pache M, Wilmsmeyer S, Funk J (2006)* Laserchirurgie und Glaukom: Excimerlasertrabekulotomie. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 223: 303-307.
9. *Ramulu PY, Corcoran KJ, Corcoran SL, Robin AL (2007)* Utilization of various glaucoma surgeries and procedures in Medicare beneficiaries from 1995 to 2004. *Ophthalmology*. 114: 2265-2270
10. *Ritch R, Liebmann JM (1996)* Argon laser peripheral iridoplasty. *Ophthalmic Surg Lasers* 27: 289-300
11. *The Glaucoma Laser Trial (GLT) and glaucoma laser trial follow-up study (1995)* 7. Results. Glaucoma Laser Trial Research Group. *Am J Ophthalmol*. 120: 718-731
12. *van der Zypen E, Bebie H, Fankhauser F (1979)* Morphological studies about the efficiency of laser beams upon the structures of the angle of the anterior chamber. Facts and concepts related to the treatment of the chronic simple glaucoma. *Int Ophthalmol* 1: 109-122
13. *Wilmsmeyer S, Philippin H, Funk J (2006)* Excimer laser trabeculotomy: a new, minimally invasive procedure for patients with glaucoma. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 244: 670-676
14. *Wise JB, Witter SL (1979)* Argon laser therapy for open-angle glaucoma. A pilot study. *Arch Ophthalmol* 97: 319-322

## Korrespondenzanschrift:

Prof. Dr. Dr. Jens Funk  
 Augenklinik am Universitätsspital Zürich  
 Frauenklinikstr. 24  
 8091 Zürich/ Schweiz  
 E-Mail: Jens.funk@usz.ch